

506,766

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
12 septembre 2003 (12.09.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/074060 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
A61K 31/7088, C12N 15/11,
A61K 31/04, 38/14, A61P 35/00, 29/00

(74) Mandataires : **MARTIN, Jean-Jacques.** etc.; Cabinet
Regimbeau, 20, rue de Chazelles, 75847 Paris Cedex 17
(FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR03/00705

(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(22) Date de dépôt international : 5 mars 2003 (05.03.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/02879 7 mars 2002 (07.03.2002) FR

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) :
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75016
Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : **BIGEY,**
Pascal [FR/FR]; 373 rue des Pyrénées, F-75020 PARIS
(FR). **IVANOV, Marie-Angès** [BE/FR]; 19, Chemin du
Pré de l'Etang, F-94500 Champigny-Sur-Marne (FR).
SCHERMAN, Daniel [FR/FR]; 10, rue Erard, F-75012
Paris (FR).

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport*

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.*

A2
(54) Title: DNA DEMETHYLASE ANTISENSE AND CHEMOTHERAPY COMBINATION

(54) Titre : COMBINAISON CHIMIOTHÉRAPIE ET ANTISENS DE LA DNA DÉMÉTHYLASE

(57) Abstract: The invention concerns a combination product comprising an antisense oligonucleotide of the gene encoding MBD2-demethylase and at least an agent used in antitumour chemotherapy, in particular bleomycin, for simultaneous, separate or prolonged use for treating proliferative and inflammatory diseases, in particular for cancer treatment.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un produit de combinaison comprenant un oligonucléotide antisens du gène codant pour la déméthylase MBD2 et au moins un agent utilisé en chimiothérapie antitumorale, en particulier la bléomycine, pour une utilisation simultanée, séparée ou étalée dans le temps pour le traitement des maladies prolifératives et inflammatoires, en particulier pour le traitement du cancer.

WO 03/074060 A2

Combinaison chimiothérapie et antisens de la DNA déméthylase

5 La présente invention se rapporte à un produit de combinaison comprenant un antisens du gène codant pour la déméthylase MBD2 et au moins un agent utilisé en chimiothérapie antitumorale, en particulier la bléomycine, pour une utilisation simultanée, séparée ou étalée dans le temps pour le traitement des maladies

10

La méthylation de l'ADN est un mécanisme épigénétique important qui régule l'expression des gènes (1-4). L'une des caractéristiques des cellules cancéreuses réside dans un schéma aberrant de méthylation (5). Deux changements contradictoires du schéma de méthylation ont été antérieurement documentés, à savoir l'hyperméthylation

15 de gènes sélectionnés (6) et l'hypométhylation globale (7).

A l'heure actuelle, on ne sait pas parfaitement quels sont les mécanismes responsables des changements observés dans la méthylation de l'ADN. Il est possible que ces changements soient une conséquence de la dérégulation de l'expression des différents

20 composants de la machinerie de méthylation de l'ADN (8). La machinerie de méthylation de l'ADN est composée d'ADN-méthyltransférase (9), de déméthylases (10), (11) et (12), et de protéines de liaison de l'ADN méthylé (MBD) qui interprètent le signal de méthylation de l'ADN (13). Un certain nombre d'observations étayent l'hypothèse selon laquelle la dérégulation de l'ADN-méthyltransférase d'entretien

25 DNMT1 joue un rôle important dans la tumorigenèse (14), (15) et (16). Une question importante est donc de savoir si d'autres composants de la machinerie de méthylation de l'ADN présentent eux aussi un caractère critique pour la transformation cellulaire (8) et (17).

Il a été proposé que l'hyperméthylation des gènes suppresseurs de tumeur servirait de mécanisme pour rendre silencieux des gènes critiques, qui inhibent différentes étapes de la tumorigénèse. Cette hyperméthylation aurait pour conséquence de favoriser le processus conduisant à la transformation des cellules (18). Des cytosines méthylées
5 sont spécifiquement reconnues par les MBD (13) et (19-21), qui s'associent à des corépresseurs tels que le Sin3A, recrutent des histone-désacétylases pour des gènes méthylés (22-26) et peuvent être trouvées dans des complexes connus de répression de la transcription, tels que le Mi2 (27).

10 Le Mecp2, qui est le membre le mieux caractérisé de la famille, n'est probablement pas très important pour ce qui est de rendre les gènes silencieux pendant la transformation, car il n'est pas exprimé dans les cellules cancéreuses (20). D'autres protéines candidates doivent être mises en jeu. Une protéine de liaison de l'ADN méthylé récemment caractérisée, la MBD2, est un candidat intéressant pour les raisons
15 exposées ci-après.

Tout d'abord, l'ADNc de MBD2 a été cloné à partir d'une banque d'ADNc d'une lignée de cellules cancéreuses (28), et il s'est avéré qu'il est exprimé dans des échantillons et des lignées cellulaires de cancer du sein (29). Deuxièmement, la protéine est impliquée
20 non seulement dans la suppression du gène par un mécanisme analogue à celui qui est présenté pour le Mecp2 (24) et (27), mais il s'est aussi avéré qu'elle porte également une activité de déméthylase (28).

L'activité de déméthylase a été antérieurement purifiée à partir d'une lignée de cellules
25 humaines non-petites de cancer du poumon A549 (12), et il s'est de même avéré que la transfection de la lignée de cellule d'embryon P19 par le Ha-Ras proto-oncogène conduit à une augmentation de l'activité de déméthylase (30). Il n'est pas impossible qu'une activité accrue de déméthylase soit associée à une tumorigénèse, et qu'elle pourrait être en partie responsable de l'hypométhylation globale observée dans les
30 cellules cancéreuses (17). Ainsi, la Mbd2/déméthylase pourrait faire partie de la

machinerie impliquée dans la médiation ou l'interprétation des deux changements contradictoires associés au schéma de méthylation de l'ADN dans les cellules cancéreuses, à savoir l'hyperméthylation et l'hypométhylation.

- 5 Bien que cette activité de déméthylase a été contestée par certains groupes (24), il a été montré que la Mbd2b/déméthylase obtenue par recombinaison, exprimée dans une lignée cellulaire SF-9 hétérologue, présente une activité de déméthylase. En outre, la co-transfection de la Mbd2b/déméthylase et des plasmides méthylés provoque une
- 10 les cellules PANC-1 conduit à une déméthylation et à l'induction du promoteur endogène MUC-2.

- La présente invention apporte les éléments démontrant que la Mbd2/déméthylase est effectivement exprimée dans les cellules cancéreuses, et qu'elle est essentielle à la
- 15 croissance de cellules tumorales en culture et in vivo.

- Aucune combinaison de génothérapie et de chimiothérapie, consistant à associer un agent utilisé en chimiothérapie antitumorale avec une génothérapie sur la base d'un antisens d'un gène impliqué dans le niveau de méthylation de l'ADN comme celui de
- 20 la MBD2/déméthylase, n'a été décrite dans l'état de la technique.

- Or, en combinant une chimiothérapie utilisant la bléomycine et l'électrotransfert intratumoral d'un plasmide codant pour l'antisens génétique de l'ADN déméthylase humaine MBD2, on obtient un effet synergique puissant dans le traitement des
- 25 tumeurs. Le principal avantage de l'invention est donc sa surprenante efficacité, puisque, si l'on considère le taux de guérison complète des tumeurs, il est de 10% en utilisant la génothérapie par électrotransfert du gène MBD2 déméthylase seul, et aussi de 10 % avec la chimiothérapie bléomycine seule, et ce taux monte à 40 % en utilisant la combinaison des deux traitements : géno- et chimiothérapie.

Description

Ainsi, la présente invention se rapporte à un produit de combinaison comprenant au moins un oligonucléotide antisens du gène codant pour la déméthylase MBD2 et au moins un agent utilisé en chimiothérapie antitumorale pour une utilisation simultanée, séparée ou étalée dans le temps destiné au traitement des maladies prolifératives et inflammatoires.

10 Dans un mode de réalisation particulier, l'antisens du gène codant pour la déméthylase MBD2 comprend au moins 15 nucléotides consécutifs de la séquence SEQ ID N°1 ou de sa séquence complémentaires ou de la SEQ ID N°2.

La SEQ ID NO 1 correspond à la séquence décrite dans GENE BANK sous le numéro d'accès AF 072242 (Homo sapiens methyl-CpG binding protein MBD2 (MBD2) mRNA, complete cds).

SEQ ID No 1 :

gggggctggccccgagaaggcggagacaagatggccgcccatagcgcttgaggacctaagaggcgggtggccggg
20 gccacgccccgggcaggaggccgctctgtgcgcgccgctctatgatgcttgcgcgcgtccccgcgcgccgcgctgc
ggcgggggcggtctccgggattccaagggtcgggtacggaagaagcgcagcgcggctggggagggggctggatg
cgcgcgacccggggggaggccgctgctgcccggagcaggaggagggggagagtgcggcgggcggcagcggcgct
ggcgggcgactccgcatagagcaggggggcccaggggcagcgcgctcggccggtcggcggtgagcggcgctgcgcaggg
aaggcgctcggggcgccggcgtggccggggcggtggaagcaggcgggcccggggcgggcggtctgtggccgtg
25 gccggggccggggcggtggccggggacggggacggggccggggccggggccggcgccggtccccgagtgccggc
agcggccttggcgggcagcggcggtgctggcgggcgggcggcagcgggtggcgggcgggcgcccccgcgggagccg
gtccctttcccgctggggagcgcggggccggggccaggggacccggggccagggagagcgggaagaggatggattg
cccgccctcccccgatggaagaaggaggaagtatccgaaaatctgggctaagtgtggcaagagcagtgctact
acttcagtccaagtggtaagaagttcagaagcaagcctcagttggcaaggtacgtgggaatactgttgatctcagcagtttg
30 acttcagaactggaaagatgatgcctagtaaattacagaagaacaaacagagactgcgaaacgatcctctcaatcaaaaataa

gggtaaaccagacttgaatacaacattgccaattagacaaacagcatcaattttcaaacaaccggtaaccaaagtcacaaatc
atcctagtaataaagtgaatcagaccacacgaatgaatgaacagccacgtcagcttttctgggagaagaggctacaag
gacttagtgcacatgatgaacagaacaaattataaaaacatggaactacccaaaggcttcaaggagttggtccaggtagc
aatgatgagacccttttatctgctgttgccagtgcttgacacaaagctctgcgccaatcacagggaagctccgctgctgt
5 ggaaaagaaccctgctgtttggcttaacacatctcaaccctctgcaaagctttattgtcacagatgaagacatcaggaaaca
ggaagagcgagtacagcaagtagcaagaattggaagaagcactgatggcagacatctgtcgcgagctgctgatacag
aagagatggatattgaaatggacagtggagatgaagcctaagaatatgatcaggttaactttcgaccgactttcccaagrgaa
aattcctagaaattgaacaaaaatgttccactggctttgcctgtaagaaaaaaatgtaccgagcacatagagcttttaata
gcactaaccaatgccttttagatgtattttgatgtatatactattattcaaaaaatcatgtttattttgagtcctaggacttaaaatt
10 agtcttttgaatatcaagcaggaccctaagatgaagctgagcttttgatgccaggtgcaatctactggaatgtagcacttacg
taaacattgtttccccacagtttaataagaacagatcaggaattctaataaatttccagttaaagattattgtgacttcact
gtatataacatatattttatactttattgaaaggggacacctgtacattcttccatcatcactgtaaagacaaataaatgattatattc
acaaaaaaaaaaaaaaaaa

15 Parmi les séquences antisens préférées de l'invention on note plus particulièrement la
séquence SEQ ID No 2, qui correspond à l'ARN messenger entier de la déméthylase
dans l'orientation antisens :

cgcattgcataagcttgcctgagctagatgtttttttttgtctgtgaatataatcatttattgtctttacagtgatgatggaa
gaatgtacaggtgtccctttcaataaagtataaaaatgtttatatacagtgaagtcacaataatcttaactgggaaattattt
20 agaattcctgatctgttcttataaaactgtgggggaaacaaatgtttacgtaagtgtacatttccagtagattgcacctggcat
caaaagctcagcttcatttagggctcgttgatattacaaaagactaattttaagtcctaggactcaaaataaacatgattttt
gaataatagatatatacatcaaaaatacatctaaaaaggcattgggttagtgctattaaaaagctctatgtgctcgggtacattttt
tcttacaggcaaaagccagtggaaacattttgttcaatttctaggaatttctccttggggaaagtcggtcgaaagttacctgatc
atattcttaggcttcattcctcactgtccatttcaatatccatctctctgtatcagcagctcgcgacaagatgtctgccatcagtgct
25 tcttccaatttcttgcgtacttgctgtactcgtcttctgttctgatgtcttcatctgtgacaataaaagctttgcagaggggttg
agatgtgttaagccaaacagcaggggttctttccacagcagcggagacttgccctgtgattggcgcagagcttggtgcaaag
cactggcaacagcagataaaagggtctcatcattgctacctggaccaactcctgaagacctttgggtagttccatggttttat
aatttgttctgttacatctgatgcactaagtccttgtagccttcttcccagaaaagctgacgtggctgttcattcattcgttggg
tctgatttcatttattactaggtgatttgtgactttgggtaccggttgtttgaaaattgatgctgtttgtctaattggcaatgttgatt
30 caagctcgtgttacccttattttgattgagaggatcgtttcgcagctctgtttgttcttctgtaatttactaggcatcatcttccagtt

ctgaagtcaaaactgctgagatcaacagtatttcccaggtaccttgccaactgaggcttgcttctgaacttcttaccacttggact
gaagtagtagacatcgctcttgccagcacttagcccagatttcggatcacttcctccttcttccatccgggggggagggccg
ggcaatccatccttctcccgtctccgtggcccggggtcccctgggccccggccccgcgctccccgacgggaaagggac
cggctccgtcgacgcggcc

- 5 Cette séquence antisens a été utilisée dans le cadre des expériences présentées dans l'exemple 1.

Ainsi, l'invention vise un produit de combinaison tel que mentionné précédemment dans lequel l'antisens comprend au moins :

- 10 a) 15 nucléotides consécutifs de la séquence SEQ ID N°1 ou de sa séquence complémentaire ou de la séquence SEQ ID No 2, ou
b) une séquence capable de s'hybrider de manière sélective à l'une des séquences définies en a).

- 15 Par « séquence capable de s'hybrider de manière sélective », on entend les séquences qui s'hybrident avec les séquences évoquées ci-dessus à un niveau supérieur au bruit de fond de manière significative. Le bruit de fond peut être lié à l'hybridation d'autres séquences d'ADN présentes, notamment d'autres ARNm présents dans les cellules tumorales ciblées. Le niveau du signal généré par l'interaction entre la séquence
20 capable de s'hybrider de manière sélective et les séquence définies par les SEQ ID NO 1 à 2 ci-dessus est généralement 10 fois, de préférence 100 fois plus intense que celui de l'interaction des autres séquences d'ADN générant le bruit de fond. Le niveau d'interaction peut être mesuré par exemple, par marquage de la séquence utilisée comme sonde avec des éléments radioactifs, comme le ³²P. L'hybridation sélective est
25 généralement obtenue en employant des conditions de milieu très sévères (par exemple NaCl 0,03 M et citrate de sodium 0,03 M à environ 50°C-60°C). L'hybridation peut être effectuée selon les méthodes usuelles de l'état de la technique (notamment Sambrook & al., 1989, Molecular Cloning : A Laboratory Manual).

Par un « agent utilisé en chimiothérapie antitumorale », on entend désigner des agents antinéoplastiques. Parmi ces agents, on peut citer :

- 5 - les composés appartenant à la famille des bléomycines (Mueller et al., Cancer, Vol. 40, p. 2787 (1977), Umezawa et al., Journal of Antibiotics, 19A, p. 210 (1966), US 4,472,304, FR2530639, et US 3,922,262), en particulier la bléomycine,
- 10 - les cytolytiques divers tels que la dacarbazine, l'hydroxycarbamide, l'asparaginase, la mitoguazone et la plicamycine,
- 15 - les agents méthylants, tels que la streptozotocine (2-deoxy-2-(3-methyl-3-nitrosoureido)-D-glucopyranose), la procarbazine (N-(1-methylethyl)-4-[(2-methylhydrazino)methyl]benzamide), la dacarbazine ou DTIC (5-(3,3-dimethyl-1-triazenyl)-1H-imidazole-4-carboxamide), et la Temozolomide (8-carbamoyl-3-methylimidazo[5.1-d]-1,2,3,5-tetrazin-4-(3H)-one).
- 20 - les agents chloroethylants, tels que HECNU (1-(2-chloroethyl)-3-(2-hydroxyethyl)-1-nitrosourea), BCNU (1,3-bis(2-chloroethyl)-1-nitrosourea ou carmustine, Bristol-Myers), ACNU (1-(2-chloroethyl)-3-(4-amino-2-methyl-5-pyrimidinyl)methyl-1-nitrosourea), CCNU (1-(2-chloroethyl)-3-cyclohexyl-1-nitrosourea ou lomustine), MeCCNU (1-(2-chloroethyl)-3-(4-methylcyclohexyl)-1-nitrosourea ou semustine), la fotemustine (1-[N-(2-chloroethyl)-N-nitrosoureido]ethylphosphonic acid diethyl ester) et la
25 clomesone (2-chloroethylmethylsulfonylmethanesulfonate) (Pegg et al., Prog. Nucleic Acid Research Molec. Biol. 51: 167-223 (1995)). Ces agents sont davantage décrits dans Colvin and Chabner. Alkylating Agents. In: Cancer.
- 30 - d'autres composés alkylants tels que les agents du type Ecteinasclidin 743, les duocarmycines (Boger et al. J. Org. Chem. 1990, 55, 4499; Boger et al. J. Am.

Chem. Soc. 1990, 112, 8961; Boger et al. J. Am. Chem. Soc. 1991, 113, 6645; Boger et al. J. Am. Chem. Soc. 1993, 115, 9872; Boger et al. Bioorg. Med. Chem. Lett. 1992, 2, 759).

- 5 - les agents pro-apoptotiques sélectionnés parmi les dérivés des glucocorticoïdes, les inhibiteurs des topoisomérases tels que les inhibiteurs de la topoisomérase 2, par exemple les anthracyclines, l'épipodophyllotoxine tel que l'étoposide, les inhibiteurs de la topoisomérase 1, par exemple les dérivés de la camptothecine,
- 10 - les antimétabolites tels que les antifolates, par exemple le méthotrexate, les antipurines, par exemple la 6-mercaptopurine, les antipyrimidiques, par exemple la 5-fluorouracile,
- 15 - parmi les antimétabolites tels que les vinca-alcaloïdes, les taxoïdes tel que le taxotere,

Ces agents antinéoplastiques sont décrits dans Actualité Pharmaceutiques n°302 (Oct 1992) pages 38 à 39 et 41 à 43.

- 20 Dans un aspect préféré, l'invention vise un produit de combinaison tel que défini ci-dessus, dans lequel l'agent est sélectionné parmi les composés appartenant à la famille des bléomycines, en particulier la bléomycine.

- 25 Dans un autre mode particulier de réalisation, l'invention porte sur un produit de combinaison mentionné ci-dessus, dans lequel l'oligonucléotide antisens du gène codant pour la déméthylase MBD2 est porté par un vecteur comportant un promoteur permettant son expression efficace dans une cellule eucaryote. Ce vecteur peut également comporter une séquence poly A de terminaison de transcription.

De préférence, le vecteur consiste en un plasmide. En effet, l'utilisation d'un plasmide est plus économique et plus sûr que l'utilisation des virus. De plus, ce mode de réalisation de l'invention permet la réadministration sans déclencher de réponse immunitaire. Ce plasmide comprend avantageusement un promoteur, la séquence
5 antisens selon l'invention et une séquence terminateur de la transcription. De préférence, la séquence de l'antisens est insérée dans le plasmide pcDNA3.1HisA de la compagnie InVitrogen.

Le produit selon l'invention peut comporter en outre un ou plusieurs véhicule(s)
10 pharmaceutiquement acceptable(s). Il est destiné en particulier pour une utilisation simultanée, séparée ou étalée dans le temps destiné au traitement du cancer.
En ce sens, dans un mode préféré, les formulations sont adaptées à une administration par injection intratumorale.

15 Les techniques permettant le transfert du plasmide dans les cellules cibles sont bien connues de l'homme du métier. En particulier, on se référera aux techniques d'électrotransfert dans les cellules eucaryotes décrites dans WO 99/01157 et Bettan et al, Bioelectrochemistry and Bioenergetics, 2000, 52 :83-90. Dans WO 99/01157, une méthode pour transfert in vivo des acides nucléiques est proposée en utilisant des
20 champs électriques faibles compris entre 1 et 600 V/cm. D'autres approches sont décrites dans Wolf et al. Science 247, 1465-68, 1990 ; Davis et al. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 93, 7213-18, 1996) dans lesquelles l'ADN est associé à des composés destinés à favoriser sa transfection, comme des protéines, des liposomes, des lipides chargés ou des polymères cationiques tels que le polyéthylèneimine, qui sont de bons
25 agents de transfection in vitro (Behr et al. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 86, 6982-6, 1989 ; Felgner et al. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84, 7413-7, 1987 ; Boussif et al. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 92, 7297-301, 1995).

Ainsi, conformément à l'invention, l'antisens peut également être transféré sous la
30 forme d'ADN double brin ou d'un plasmide tel que mentionné ci-dessus en association

ou non avec une molécule favorisant le transfert et/ou en utilisant un faible champs électrique.

5 L'invention s'étend également à toute application permettant de traiter le cancer comprenant l'utilisation d'un produit de combinaison mentionné ci-dessus et une troisième substance active utilisée dans le cadre du traitement du cancer. A ce titre, l'invention couvre la tri-thérapie comportant l'administration du produit de combinaison selon l'invention et une troisième substance active.

10 La Mbd2/déméthylase est exprimée dans des tumeurs in vivo et est surexprimée dans un pourcentage significatif de tumeur d'une manière analogue à Dmmt1. Alors que notre analyse d'un nombre limité de tumeurs ne prouve pas que la Mbd2/déméthylase est généralement dérégulée les cellules cancéreuses, nos données sont compatibles avec ce modèle. Deuxièmement, nous montrons que l'inhibition médiée antisens de la
15 Mbd2/déméthylase conduit à des changements de la méthylation génomique et à une inhibition de la tumorigenèse in vitro. Différentes méthodes d'expression d'antisens ont été utilisées pour exclure la possibilité que les changements observés reflètent une certaine propriété idiosyncrasique du vecteur. Une expression transitoire de l'antisens est suffisante pour inhiber la croissance inhibée par un ancrage et un contact, ce qui
20 indique que la Mbd2/déméthylase est nécessaire pour le maintien de l'état transformé, et que son inhibition a des effets immédiats sur la croissance des cellules cancéreuses.

De même, l'introduction d'un vecteur exprimant l'antisens de la Mbd2/ déméthylase dans des tumeurs humaines que l'on a fait passer sous forme de xénogreffes chez des
25 souris nues a provoqué une réduction de la croissance de la tumeur, ce qui montre que la Mbd2/ déméthylase est nécessaire pour le maintien de l'état transformé. Alors que l'expression de l'antisens de la Mbd2/déméthylase inhibe considérablement la tumorigenèse in vitro, elle a un effet limité sur les tumeurs in vivo. Cela pourrait refléter la difficulté qu'il y a à délivrer et exprimer d'une manière efficace les vecteurs

antisens dans toutes les cellules d'une tumeur in vivo, plutôt qu'une indication de l'impact limité de l'inhibition de la cible.

Comme la Mbd2/ déméthylase peut soit réprimer, soit déméthyler les gènes méthylés, il est possible qu'un certain nombre de gènes soit affecté par l'un ou l'autre de ces processus. L'inhibition de la répression, médiée par la Mbd2/déméthylase, de l'activité de gènes méthylés pourrait se traduire par une activation d'un certain nombre de suppresseurs tumoraux. Par ailleurs, l'activité de déméthylase pourrait être requise pour inhiber une méthylation aberrante des gènes qui sont critiques pour le phénotype transformé. Une inhibition de la déméthylase pourrait conduire à une méthylation ectopique, des gènes critiques étant rendus silencieux d'une manière stochastique.

Comme les deux activités de Mbd2/déméthylase doivent affecter une large gamme de gènes, un résultat possible pourrait avoir été un effondrement du programme d'expression des gènes. Une telle possibilité devrait avoir limité le potentiel thérapeutique de l'inhibition de la Mbd2/déméthylase. Cependant, l'analyse du schéma génique des cellules dans lesquelles la Mbd2/déméthylase est inhiber n'étaye pas cette hypothèse.

Ainsi, l'inhibition de la Mbd2/ déméthylase se traduit par une répression et par une induction de l'expression des gènes impliqués dans le processus tumorales, mais ne présente pas d'inconvénient pour une application thérapeutique. Des changements de l'expression des gènes après traitement par l'antisens de Mbd2/déméthylase apparaissent limités, or ces changements, renforcés par un agent alkylant, sont responsables de la forte inhibition de la tumorigenèse in vitro.

Ainsi, l'invention propose d'utiliser conjointement la Mbd2/déméthylase comme cible anti-cancéreuse et un agent alkylant de l'ADN. Le fait que le cycle cellulaire des cellules normales ne soit pas affecté par ce traitement, et le fait que ce traitement ne provoque pas de changements massifs de l'expression des gènes, augmentent l'intérêt

de cette cible. L'inhibition de la Mbd2/déméthylase pourrait avoir un effet thérapeutique à deux niveaux, l'un dans le rétablissement de l'état normal de méthylation génomique par inhibition d'une déméthylase à surrégulation aberrante, et un autre, qui empêche que deviennent silencieux des gènes suppresseurs de tumeur mal méthylés, qui sont essentiels au maintien d'une régulation appropriée de la croissance cellulaire.

Exemple 1 : Combinaison de thérapie génique (électrotransfert intratumoral de plasmides codant pour l'antisens de la DNA Déméthylase) et de chimiothérapie (injection intramusculaire de bléomycine)

Deux séries d'expérience ont été réalisées chez la souris nude de 18 à 20g. Les souris ont été implantées mono-latéralement avec des greffons de tumeurs H1299 (tumeurs pulmonaires humaines non à petites cellules) d'environ 20mm³. Les tumeurs se sont développées pour atteindre un volume de 20 à 150mm³. Les souris ont été triées en fonction de la taille des tumeurs et réparties en lots homogènes atteignant des volumes tumoraux de 50 à 80mm³ (n=10 à 13). Les souris ont été anesthésiées avec un mélange Kétamine, Xylazine.

1.1 Expérience 1 : Effet sur la croissance tumorale

Les résultats sont illustrés à la figure 1 et l'analyse statistique est présentée à la table 1 ci-dessous.

TABLE 1

ANALYSE STATISTIQUE
Expérience 1

	Jour 1000mm ³ (médiane) #			
Group 1: tumeurs non traitées	14,50			
Group 3: bléomycine 25 µg	44,40			
Group 4: Antisens de la DNA Déméthylase	29,10			
Group 6: Antisens de la DNA déméthylase + bléomycine 25 µg	52,01			

Comparaison statistique	test t de Student		Log-Rank	
	Comparaison de moyenne	Risque d'atteindre 1000mm ³ de volume tumoral	Kaplan Meier	
Antisens de la DNA Déméthylase versus non traité	p < 0,0001	***	p < 0,0001	***
25µg bléomycine versus non traité	p < 0,0001	***	p < 0,0001	***
Antisens de la DNA Déméthylase + 25 µg bléomycine versus 25µg bléomycine	p = 0,1079	NS	p = 0,1946	NS
Antisens de la DNA Déméthylase + 25 µg bléomycine versus non traité	p < 0,0001	***	p < 0,0001	***

1.1.1 Tumeurs contrôles : une série de tumeurs n'a subi aucun traitement.

5 1.1.2 Tumeurs traitées avec le gène codant pour l'antisens de la DNA Déméthylase seul :

Cinq électrotransferts de 50µg de plasmide dans 80µL NaCl 150mM ont été réalisés dans les tumeurs aux jours indiqués par les flèches. La solution de plasmide a été
10 injectée longitudinalement en périphérie de la tumeur à l'aide d'une seringue Hamilton. Les faces latérales des tumeurs ont été enduites de gel conducteur et les tumeurs ont été placées entre 2 électrodes plates en acier inoxydable distantes de 0.4 à 0.7 cm. Vingt à 30 sec après l'injection, les plasmides ont été électrotransférés en utilisant un générateur d'impulsions électriques (carrées) du commerce
15 (Electropulsateur PS 15 Jouan) . Chaque tumeur a été soumise à 500V/cm délivrés en 8 pulses d'une durée de 20msec à une fréquence de 1 Hertz .

1.1.3 Tumeurs traitées à la bléomycine seule :

20 Vingt-cinq µg de bléomycine/animal dans 50µL de NaCl 150mM ont été injectés en bilatéral dans le muscle tibialis cranialis et 30 minutes après, chaque tumeur a été soumise à 1 électrotransfert comme explicité ci-dessus.

1.1.4 Tumeurs traitées avec une combinaison des 2 traitements (antisens et bléomycine) :

Vingt-cinq µg de bléomycine/animal dans 50µL de NaCl 150mM ont été injectés en bilatéral dans le muscle tibialis cranialis et 30 minutes après, 50µg de plasmide antisens dans 80µL NaCl 150mM ont été injectés et électrotransférés. Quatre autres

électrotransferts de 50µg de plasmide antisens dans 80µL NaCl 150mM ont ensuite été réalisés dans les tumeurs aux jours indiqués par les flèches.

Les volumes tumoraux ont été mesurés individuellement pour chaque tumeur à l'aide d'un pied à coulisse électronique à affichage digital suivant la formule (longueur X largeur X épaisseur)/2.

La médiane des volumes tumoraux a été reportée en graphique, en fonction du temps.

1.2 Expérience 2 : Effet sur la croissance tumorale

10

Les résultats sont illustrés à la figure 2 et l'analyse statistique est présentée à la table 2 ci-dessous.

TABLE 2

ANALYSE STATISTIQUE
Expérience 2

		J 1000mm3 (médiane) #		
Group 1: NaCl / ET		20,90		
Group 2: 25 µg bléomycine		38,00		
Group 3: Antisens de la DNA Déméthylase		38,60		
Group 4: Antisens de la DNA Déméthylase + 25 µg bléomycine		52,00		

Comparaison statistique	test t de Student	Log-Rank		
	Comparaison de moyenne	Kaplan Meler		
		Risque d'atteindre 1000mm3 de volume tumoral		
Antisens de la DNA Déméthylase versus NaCl /ET	p = 0,0201	*	p = 0,0029	**
25µg bléomycine versus NaCl /ET	p = 0,0008	***	p = 0,0001	***
Antisens de la DNA Déméthylase + 25 µg bléomycine versus 25µg bléomycine	p = 0,0088	**	p = 0,0056	**
Antisens de la DNA Déméthylase + 25 µg bléomycine / NaCl /ET	p = 0,0001	***	p<0,0001	***

#: nombre de jours pour atteindre 1000 mm3 volume tumoral

15 1.2.1 Tumeurs contrôles: Cinq électrotransferts de 80µL NaCl 150mM ont été réalisés dans les tumeurs aux jours indiqués par les flèches.

1.2.2 Tumeurs traitées avec le gène codant pour l'antisens de la DNA Déméthylase seul: Cinquante µL de NaCl 150mM ont été injectés en bilatéral dans le muscle tibialis cranialis et 30 minutes après, un électrotransfert de 50µg de plasmide antisens

20

dans 80µL NaCl 150mM a été réalisé. Quatre autres électrotransfert de 50µg de plasmide antisens dans 80µL NaCl 150mM ont ensuite été réalisés dans les tumeurs aux jours indiqués par les flèches.

- 5 1.2.3 Tumeurs traitées à la bléomycine seule : Vingt cinq µg de bléomycine/animal dans 50µL de NaCl 150mM ont été injectés en bilatéral dans le muscle tibialis cranialis et 30 minutes après, chaque tumeur a été injectée avec 80µl de NaCl 150mM et soumise à un électrotransfert. Quatre autres électrotransferts de 80µL NaCl 150mM ont ensuite été réalisés dans les tumeurs aux jours indiqués par les flèches.

10

1.2.4 Tumeurs traitées avec une combinaison des 2 traitements (antisens et bléomycine) : Vingt cinq µg de bléomycine/animal dans 50µL de NaCl 150mM ont été injectés en bilatéral dans le muscle tibialis cranialis et 30 minutes après, un électrotransfert de 50µg de plasmide antisens dans 80µL NaCl 150mM a été réalisé.

- 15 Quatre autres électrotransfert de 50µg de plasmide antisens dans 80µL NaCl 150mM ont ensuite été réalisés dans les tumeurs aux jours indiqués par les flèches.

Les volumes tumoraux ont été mesurés individuellement pour chaque tumeur à l'aide d'un pied à coulisse électronique à affichage digital suivant la formule (longueur X

20 largeur X épaisseur)/2.

La médiane des volumes tumoraux a été reportée en graphique, en fonction du temps.

1.3 Résultats et conclusion

- 25 La combinaison de thérapie génique avec le gène codant pour l'antisens de la DNA Déméthylase humaine et de chimiothérapie à la bléomycine permet d'induire un délai cumulé de 31 à 38 jours dans la croissance des tumeurs H1299.
- Un tel délai de croissance tumoral n'a jamais été atteint par les traitements administrés isolément tels que la thérapie génique seule (15 à 18 jours) ou la chimiothérapie seule.
- 30 (17 à 30 jours) (Table 3 ci-dessous).

TABLE 3

Combinaison de la thérapie génique et de la chimiothérapie

Effet de multiple électrotransferts intratumoraux de plasmides codant pour l'antisens de la DNA Déméthylase humaine associés avec un traitement à la bléomycine, sur la croissance des tumeurs H1299

a) Délais de croissance tumorale

	Expérience 1		Expérience 2	
	J1000	délais de croissance Traitement versus non traité	J1000	délais de croissance Traitement versus electro/NaCl
non traitées	J14		J21	
ET/NaCl				
Antisens de la Demethylase	J29	15 jours	J39	18 jours
Bléomycine 25µg	J44	30 jours	J38	17 jours
Antisens de la Déméthylase/bléomycine 25µg	J52	38 jours	J52	31 jours

J1000* = nombre de jours nécessaires pour atteindre un volume tumoral de 1000mm³

La combinaison de la thérapie génique et de la chimiothérapie induit un effet synergique sur la guérison des tumeurs puisque 30 à 40% des guérisons de tumeurs ont été obtenues avec le traitement combiné, comparativement à 10% seulement avec les

5 traitements administrés isolément. (Table 4 ci-dessous).

TABLE 4

Combinaison de thérapie génique et de chimiothérapie

b) Guérison de tumeurs

	Expérience 1	Expérience 2
	nombre de tumeurs guéries	nombre de tumeurs guéries
non traitées	0 / 11	
NaCl/électro		0 / 11
Antisens de la Déméthylase	0 / 13	1 / 10 J53
Bléomycine 25 µg	1 / 13 J54	1 / 11 J53
Antisens de la Déméthylase/bléomycine 25µg	3 / 11 J33/J69/J69	4 / 10 J32/J35/J53/J53

Rem: les tumeurs guéries sont des tumeurs qui ne sont plus mesurables
Jx: absence de tumeurs jusqu'au jour indiqué au delà duquel la souris est décédée

REFERENCES

- 5 1. Razin, A. & Szyf, M. (1984) Biochim Biophys Acta 782, 331-42.
2. Razin, A. & Cedar, H. (1977) Proc Natl Acad Sci U S A 74, 2725-8.
3. Razin, A. & Riggs, A. D. (1980) Science 210, 604-10.
- 10 4. Razin, A. (1998) Embo J 17, 4905-8.
5. Baylin, S. B., Herman, J. G., Graff, J. R., Vertino, P. M. & Issa, J. P. (1998)
 Adv Cancer Res 72, 141-96.
- 15 6. Baylin, S. B. (1992) AIDS Res Hum Retroviruses 8, 811-20.
7. Feinberg, A. P. & Vogelstein, B. (1983) Nature 301, 89-92.
- 20 8. Szyf, M. (1994) Trends Pharmacol Sci 15, 233-8.
9. Robertson, K. D., Uzvolgyi, E., Liang, G., Talmadge, C., Sumegi, J.,
 Gonzales, F. A. & Jones, P. A. (1999) Nucleic Acids Res 27, 2291-8.
- 25 10. Weiss, A. & Cedar, H. (1997) Genes Cells 2, 481-6.
11. Jost, J. P., Siegmund, M., Sun, L. & Leung, R. (1995) J Biol Chem 270,
 9734-9.

- 5
12. Ramchandani, S., Bhattacharya, S. K., Cervoni, N. & Szyf, M. (1999) Proc Natl Acad Sci U S A 96, 6107-12.
13. Hendrich, B. & Bird, A. (1998) Mol Cell Biol 18, 6538-47.
14. MacLeod, A. R. & Szyf, M. (1995) J Biol Chem 270, 8037-43.
- 10
15. Laird, P. W., Jackson-Grusby, L., Fazeli, A., Dickinson, S. L., Jung, W. E., Li, E., Weinberg, R. A. & Jaenisch, R. (1995) Cell 81, 197-205.
16. Ramchandani, S., MacLeod, A. R., Pinard, M., von Hofe, E. & Szyf, M. (1997) Proc Natl Acad Sci U S A 94, 684-9.
- 15
17. Szyf, M. (1998) Cancer Metastasis Rev 17, 219-31.
18. Baylin, S. B. & Herman, J. G. (2000) Trends Genet 16, 168-74.
19. Meehan, R. R., Lewis, J. D. & Bird, A. P. (1992) Nucleic Acids Res 20, 5085-92.
- 20
20. Lewis, J. D., Meehan, R. R., Henzel, W. J., Maurer-Fogy, I., Jeppesen, P., Klein, F. & Bird, A. (1992) Cell 69, 905-14.
21. Cross, S. H., Meehan, R. R., Nan, X. & Bird, A. (1997) Nat Genet 16, 256-9.
- 25
22. Nan, X., Ng, H. H., Johnson, C. A., Laherty, C. D., Turner, B. M., Eisenman, R. N. & Bird, A. (1998) Nature 393, 386-9.

23. Jones, P. L., Veenstra, G. J., Wade, P. A., Vermaak, D., Kass, S. U., Landsberger, N., Strouboulis, J. & Wolffe, A. P. (1998) *Nat Genet* 19, 187-91.
- 5 24. Ng, H. H., Zhang, Y., Hendrich, B., Johnson, C. A., Turner, B. M., Erdjument-Bromage, H., Tempst, P., Reinberg, D. & Bird, A. (1999) *Nat Genet* 23, 58-61.
25. Ng, H. H., Jeppesen, P. & Bird, A. (2000) *Mol Cell Biol* 20, 1394-406.
- 10 26. Boeke, J., Ammerpohl, O., Kegel, S., Moehren, U. & Renkawitz, R. (2000) *J Biol Chem*.
27. Wade, P. A., Gogonne, A., Jones, P. L., Ballestar, E., Aubry, F. & Wolffe, A. P. (1999) *Nat Genet* 23, 62-6.
- 15 28. Bhattacharya, S. K., Ramchandani, S., Cervoni, N. & Szyf, M. (1999) *Nature* 397, 579-83.
29. Vilain, A., Vogt, N., Dutrillaux, B. & Malfoy, B. (1999) *FEBS Lett* 460, 231-4.
- 20 30. Szyf, M., Theberge, J. & Bozovic, V. (1995) *J Biol Chem* 270, 12690-6.

REVENDICATIONS

- 5 1. Produit de combinaison comprenant au moins un oligonucléotide antisens du gène codant pour la déméthylase MBD2 et au moins un agent utilisé en chimiothérapie antitumorale pour une utilisation simultanée, séparée ou étalée dans le temps destiné au traitement des maladies prolifératives et inflammatoires.
- 10 2. Produit de combinaison selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'antisens du gène codant pour la déméthylase MBD2 comprend au moins :
- a) 15 nucléotides consécutifs de la séquence SEQ ID N°1 ou de sa séquence complémentaire ou de la séquence SEQ ID No 2, ou
 - b) une séquence capable de s'hybrider de manière sélective à l'une des
- 15 séquences définies en a).
3. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que l'agent utilisé en chimiothérapie antitumorale est sélectionné parmi les composés appartenant à la famille des bléomycines, en particulier la bléomycine.
- 20 4. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que l'agent utilisé en chimiothérapie antitumorale est sélectionné parmi les agents antinéoplastiques capables de métyler l'ADN, notamment parmi les agents méthylants, tels que la streptozotocine, la procarbazine, la dacarbazine et la
- 25 Temozolomide.
5. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que l'agent utilisé en chimiothérapie antitumorale est sélectionné parmi les agents chloroéthylants, les agents chloroethylants, notamment :
- 30 1-(2-chloroethyl)-3-(2-hydroxyethyl)-1-nitrosourea,

1,3-bis(2-chloroethyl)-1-nitrosourea,
1-(2-chloroethyl)-3-(4-amino-2-methyl-5-pyrimidinyl)methyl-1-nitrosourea,
1-(2-chloroethyl)-3-cyclohexyl-1-nitrosourea,
1-(2-chloroethyl)-3-(4-methylcyclohexyl)-1-nitrosourea,
5 1-[N-(2-chloroethyl)-N-nitrosoureido]ethylphosphonic acid diethyl ester,
2-chloroethylmethylsulfonylmethanesulfonate.

6. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que l'agent utilisé en chimiothérapie antitumorale est sélectionné parmi :

- 10 - les cytolytiques divers tels que la dacarbazine, l'hydroxycarbamide, l'asparaginase, la mitoguazone et la plicamycine,
- les agents pro-apoptotiques sélectionnés parmi les dérivés des glucocorticoïdes, les inhibiteurs des topoisomérases tels que les inhibiteurs de la topoisomérase
- 15 2, par exemple les anthracyclines, l'epipodophyllotoxine tel que l'étoposide, les inhibiteurs de la topoisomérase 1, par exemple les dérivés de la camptothécine,
- les antimétabolites tels que les antifolates, par exemple le méthotrexate, les antipurines, par exemple la 6-mercaptopurine, les antipyrimidiques, par
- 20 exemple la 5-fluorouracile,
- parmi les antimitotiques tels que les vinca-alcaloïdes, les taxoïdes tel que le taxotere,

25 7. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'oligonucléotide antisens du gène codant pour la déméthylase MBD2 est porté par vecteur comportant un promoteur permettant son expression efficace dans une cellule eucaryote.

8. Produit de combinaison selon l'une des revendications 7, caractérisé en ce qu'il comporte une séquence poly A de terminaison de transcription.
9. Produit de combinaison selon la revendication 7, caractérisé en ce que le vecteur
5 consiste en un plasmide.
10. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'oligonucléotide antisens est un ADN double brin.
- 10 11. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un ou plusieurs éléments favorisant le transfert de l'oligonucléotide antisens dans les cellules cibles.
12. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que
15 l'oligonucléotide antisens est adapté à une administration in vivo par électrotransfert, de préférence en utilisant des champs électriques faibles compris entre 1 et 600 V/cm.
13. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un ou plusieurs véhicule(s) pharmaceutiquement acceptable(s).
20
14. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 13, particulier pour une utilisation simultanée, séparée ou étalée dans le temps destiné au traitement du cancer.
15. Produit de combinaison selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce
25 qu'il est adapté à une administration par injection intratumorale.

1 / 2

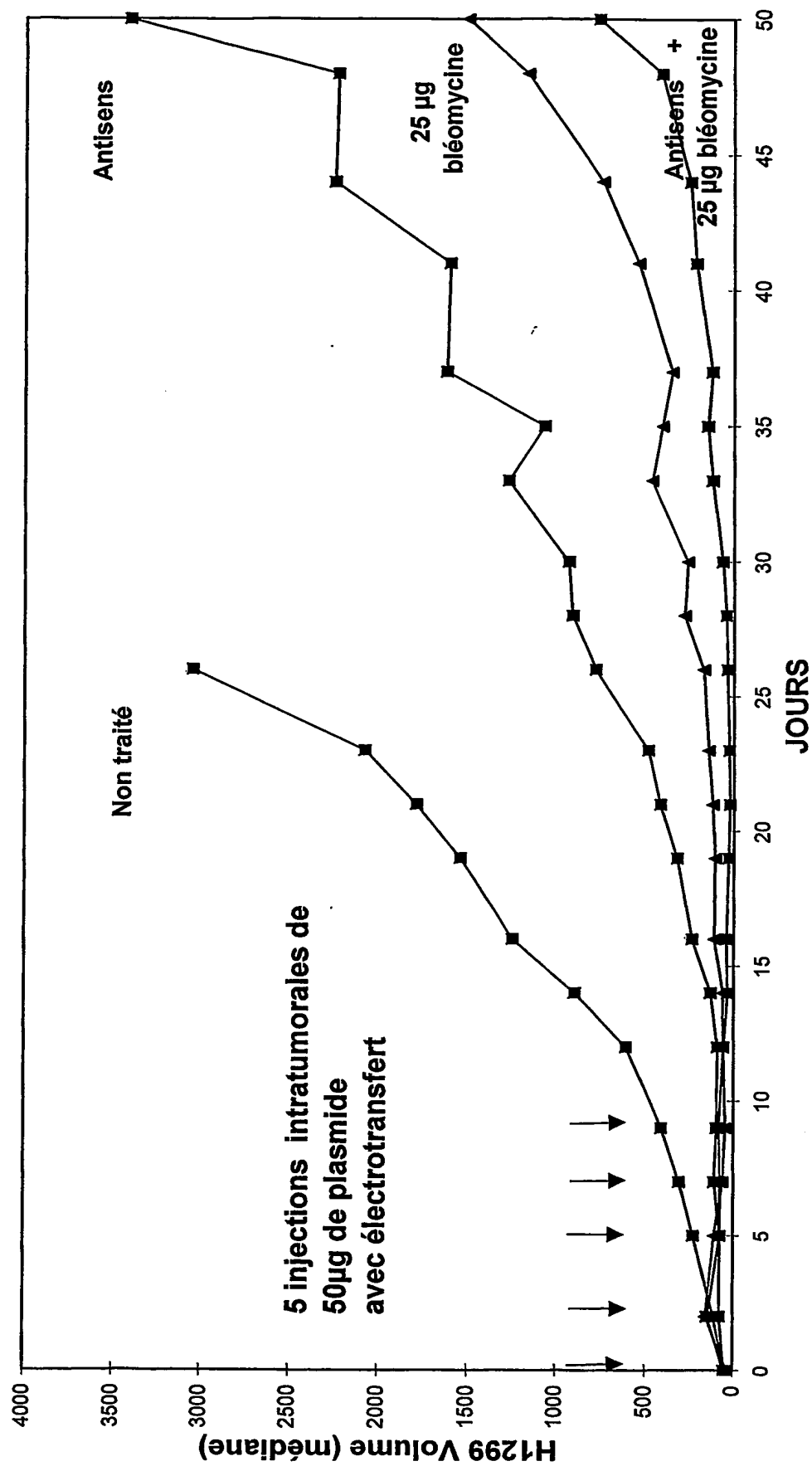


FIGURE 1

2 / 2

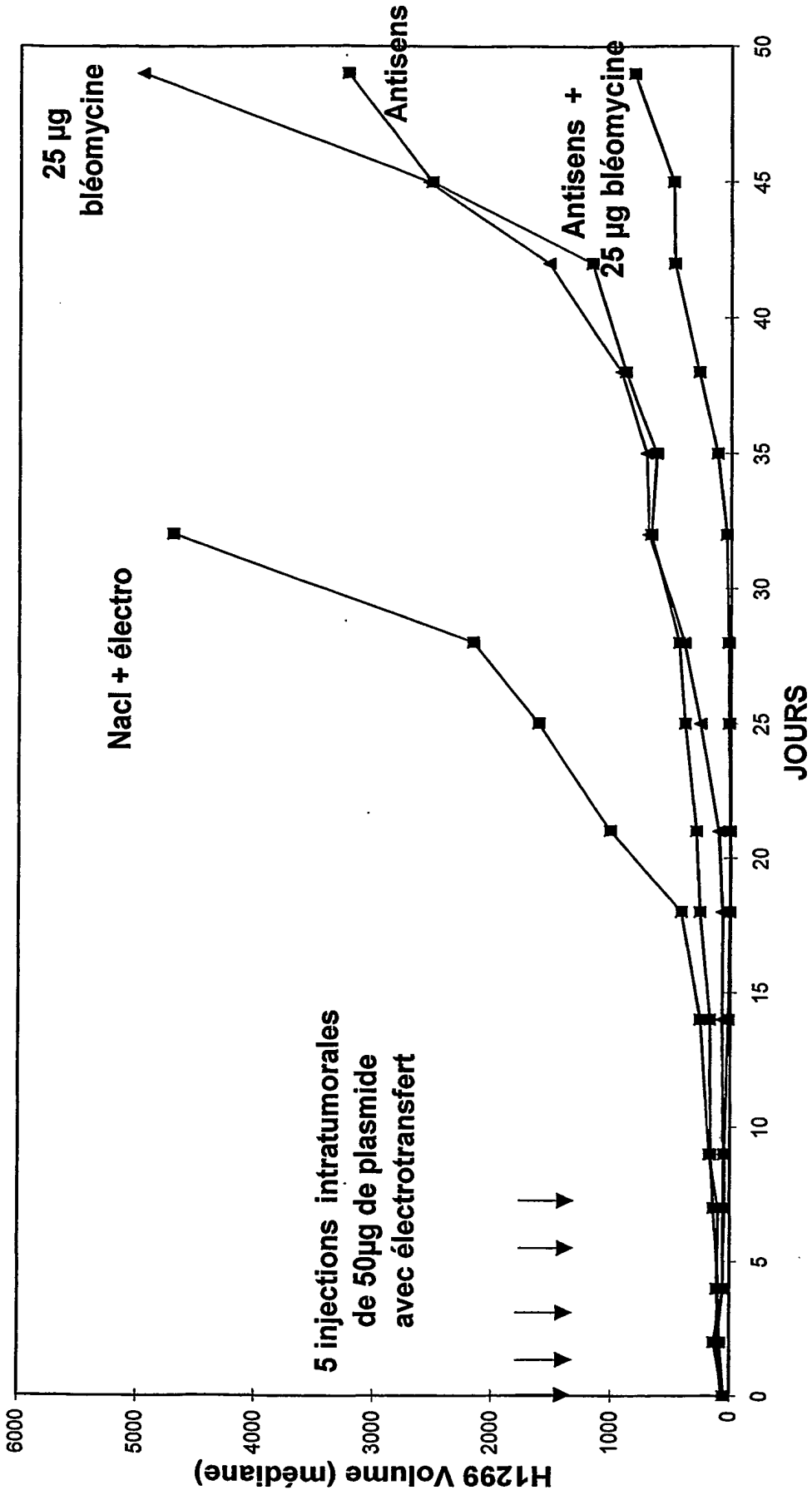


FIGURE 2

LISTE DE SEQUENCES

<110> Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS

<120> Combinaison chimiothérapie et antisens de la DNA
déméthylase

<130> D19864

<150> FR 02/02 879

<150> 2002-03-07

<160> 2

<170> PatentIn Ver. 2.1

<210> 1

<211> 1966

<212> ADN

<213> Homo sapiens

<400> 1

gggggcgtgg	ccccgagaag	gcggagacaa	gatggccgcc	catagcgctt	ggaggaccta	60
agaggcgggtg	gccggggcca	cgccccgggc	aggaggggcg	ctctgtgcgc	gcccgtctta	120
tgatgcttgc	gcgcgtcccc	cgcgcgccgc	gctgcgggcg	gggcgggtct	ccgggattcc	180
aagggtctcg	ttacggaaga	agcgcgccgc	cggctgggga	gggggctgga	tgcgcgcgca	240
cccgggggga	ggcgcgtgct	gcccggagca	ggaggagggg	gagagtgcgg	cgggcggcag	300
cggcgctggc	ggcgactccg	ccatagagca	ggggggccag	ggcagcgcg	tcgccccgtc	360
cccgggtgagc	ggcgtgcgca	gggaaggcgc	tcggggcggc	ggccgtggcc	gggggcgggtg	420
gaagcaggcg	ggccggggcg	gcggcgctctg	tgcccggtggc	cggggccggg	gccgtggccg	480
gggacgggga	cggggccggg	gccggggccg	cggccgtccc	ccgagtggcg	gcagcggcct	540
tggcggcgac	ggcggcggt	gcggcgccgc	cggcagcggt	ggcggcgggc	ccccccggcg	600
ggagccggtc	cctttcccg	cggggagcgc	ggggccgggg	cccaggggac	cccggggccac	660
ggagagcggg	aagaggatgg	attgcccggc	cctccccccc	ggatggaaga	aggaggaagt	720
gatccgaaaa	tctgggctaa	gtgctggcaa	gagcgatgtc	tactacttca	gtccaagtgg	780
taagaagttc	agaagcaagc	ctcagttggc	aaggtacctg	ggaaatactg	ttgatctcag	840
cagttttgac	ttcagaactg	gaaagatgat	gcctagtaaa	ttacagaaga	acaaacagag	900
actgcgaaac	gatectctca	atcaaaataa	gggtaaacca	gacttgaata	caacattgcc	960
aattagacaa	acagcatcaa	ttttcaaaca	accggtaacc	aaagtcacaa	atcatcctag	1020
taataaaagt	aaatcagacc	cacaacgaat	gaatgaacag	ccacgtcagc	ttttctggga	1080
gaagaggcta	caaggactta	gtgcatcaga	tgtaacagaa	caaattataa	aaaccatgga	1140
actacccaaa	ggtcttcaag	gagttgggtc	aggtagcaat	gatgagaccc	ttttatctgc	1200
tggttgccagt	gctttgcaca	caagctctgc	gccaatcaca	gggcaagtct	ccgctgctgt	1260
ggaaaagaac	cctgctgttt	ggcttaacac	atctcaaccc	ctctgcaaag	cttttattgt	1320
cacagatgaa	gacatcagga	aacaggaaga	gcgagtacag	caagtacgca	agaaaattgga	1380
agaagcactg	atggcagaca	tcttgtcgcg	agctgctgat	acagaagaga	tggatattga	1440
aatggacagt	ggagatgaag	cctaagaata	tgatcaggta	actttcgacc	gactttcccc	1500
aagrgaaaat	tcctagaaat	tgaacaaaaa	tgtttccact	ggcttttgcc	tgtaagaaaa	1560
aaaatgtacc	cgagcacata	gagcttttta	atagcactaa	ccaatgcctt	tttagatgta	1620
tttttgatgt	atatacttat	tattcaaaaa	atcatgttta	ttttgagtcc	taggacttaa	1680
aattagtctt	ttgtaatatc	aagcaggacc	ctaagatgaa	gctgagcttt	tgatgccagg	1740
tgcaatctac	tggaaatgta	gcacttacgt	aaaacatttg	tttccccac	agttttaata	1800
agaacagatc	aggaattcta	aataaatttc	ccagttaaag	attattgtga	cttcactgta	1860
tataaacata	tttttatact	ttattgaaag	gggacacctg	tacattcttc	catcatcact	1920
gtaaagacaa	ataaatgatt	atattcacia	aaaaaaaaaa	aaaaaa		1966

<210> 2

<211> 1411

<212> ADN

<213> Homo sapiens

<220>

<223> ARN messenger antisens de la déméthylase

<400> 2

```

cgcatgcatg cataagcttg ctcgagtcta gatttttttt tttttttgtc tgtgaatata 60
atcattttatt tgtctttaca gtgatgatgg aagaatgtac aggtgtcccc tttcaataaa 120
gtataaaaaat atgtttatat acagtgaagt cacaataatc tttaactggg aaattttattt 180
agaattcctg atctgttctt attaaaactg tgggggaaac aaatgtttta cgtaagtgtc 240
acatttccag tagattgcac ctggcatcaa aagctcagct tcactctagg gtcctgcttg 300
atattacaaa agactaattt taagtcctag gactcaaaat aaacatgatt ttttgaataa 360
tagatatata catcaaaaaat acatctaaaa aggcatttgg tagtgctatt aaaaagctct 420
atgtgctcgg gtacattttt tttcttacag gcaaaaagcca gtggaaacat ttttgttcaa 480
tttctaggaa ttttcycttg gggaaagtcg gtcgaaagtt acctgatcat attcttaggc 540
ttcatctcca ctgtccattt caatatccat ctcttctgta tcagcagctc gcgacaagat 600
gtctgccatc agtgcttctt ccaatttctt gcgtacttgc tgtactcgct cttcctgttt 660
cctgatgtct tcactctgtg caataaaagc tttgcagagg ggttgagatg tgtaagcca 720
aacagcaggg ttcttttcca cagcagcgga gacttgccct gtgattggcg cagagcttgt 780
gtgcaaagca ctggcaacag cagataaaag ggtctcatca ttgctacctg gaccaactcc 840
ttgaagacct ttgggtagtt ccatggtttt tataatttgt tctgttacat ctgatgcact 900
aagtccttgt agcctcttct cccagaaaag ctgacgtggc tggtcattca ttcgttgttg 960
gtctgatttc actttattac taggatgatt tgtgactttg gttaccggtt gtttgaaaat 1020
tgatgctgtt tgtctaattg gcaatgttgt attcaagtct ggtttaccct tattttgatt 1080
gagaggatcg tttcgcagtc tctgtttgtt cttctgtaat ttactaggca tcacttttcc 1140
agttctgaag tcaaaactgc tgagatcaac agtatttccc aggtaccttg ccaactgagg 1200
cttgcttctg aacttcttac cacttggact gaagtagtag acatcgctct tgccagcact 1260
tagcccagat tttcggatca cttcctcctt cttccatccg ggggggaggg ccgggcaatc 1320
catcctcttc ccgctctccg tggcccgggg tcccctgggc cccggccccg cgctccccga 1380
cgggaaaggg accggctccg tcgacgcggc c 1411

```